

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 J 35/04		H 0 1 J 35/04	
G 2 1 K 5/02		G 2 1 K 5/02	X
H 0 1 J 35/14		H 0 1 J 35/14	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2000-578836(P2000-578836)  
 (86) (22) 出願日 平成11年10月27日(1999.10.27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成13年4月27日(2001.4.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US 99/25239  
 (87) 国際公開番号 WO 00/25342  
 (87) 国際公開日 平成12年5月4日(2000.5.4)  
 (31) 優先権主張番号 09/179,805  
 (32) 優先日 平成10年10月27日(1998.10.27)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), JP

(71) 出願人 リットン システムズ インコーポレイテッド  
 LITTON SYSTEMS, INC  
 ORPORATED  
 アメリカ合衆国、91367-6675 カリフォルニア、ウッドランド・ヒルズ、パーバンク・プレバード、21240  
 (72) 発明者 トゥルー、リチャード・フローネル  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94087 サニーベイル、カラメオス・ドライブ 1760  
 (74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

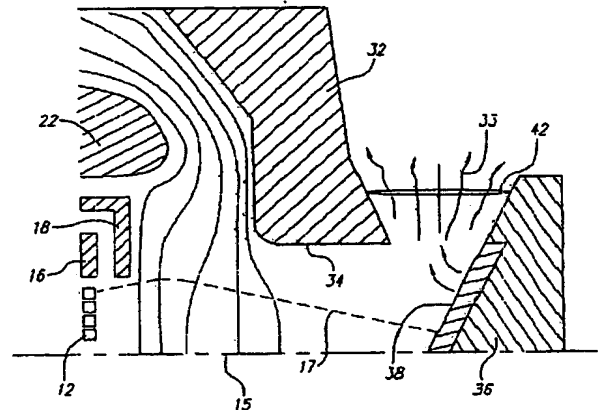
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変結像スポットサイズを提供するX線管

## (57) 【要約】

【課題】 可変結像スポットサイズを提供するX線管

【解決手段】 可変スポットサイズX線管は、アノードに対する対称の管軸に沿って実質的に移動する電子ビームを提供する電子放出表面を有するカソードを備える。カソードから離間されたアノードは、ターゲットを含み、このターゲットの前面は、軸対称に関して斜角に配置される。アノードの電位は、カソードのそれに相対して一般的に正である。カソードは、電子が熱電子放出プロセスによって放出される温度まで加熱される。カソードからの電流は、カソードが温度制限領域内で動作される場合、カソード温度を変化させることによって制御され得る。入射電子ビームは、ターゲット表面(38)上にスポットを形成すると共に、このターゲット上への電子ビームの衝突に応答してX線が生成される。X線は、ターゲットスポットから外側に真空ウインドウ(42)を介して伝播してX線管の外側にビーム状のX線放射を形成する。開口グリッド(18)は、カソードとアノードとの間に配置され、電子ビームが通過可能な中心開口を有する。更に、開口グリッドは、正、負、又はカソー



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子ビームを提供する電子放射表面を有し、その電子ビームが前記放射表面の対称軸にほぼ沿って伝播するカソードと；

前記カソードから離間され、前記対称軸に対して斜角で配置されたターゲット表面を有し、その上に前記電子ビームが衝突するとそれに応答して前記ターゲット表面がX線を提供し、前記X線は前記X線管の外側に向けられてX線結像スポットを提供するアノードと；

前記カソードと前記アノードの間に配置された少なくとも一つの開口グリッドであって、前記開口グリッドは其中を前記電子ビームが通ることができる中心開口を有し、前記開口グリッドはさらに前記カソードに対する可変電圧を有し、前記電子ビームの直径は前記可変電圧に応答して変わる開口グリッドとを備え；

それによって前記電子ビームの直径の選択的变化が前記X線結像スポットサイズの対応する変化を引き起こすことを特徴とするX線管。

【請求項2】 X線管の真空シールを与え、前記X線がほぼ通過できる、X線透明ウィンドウをさらに備えることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項3】 前記斜角が衝突電子ビームの対称軸に対して約157.5°であることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項4】 前記ターゲット表面がタングステン材料からなることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項5】 さらに前記電子ビームを対称軸に対して変位させるために前記電子ビームの位置を変える手段を備え、これにより、前記ターゲット表面の上の前記電子ビームの衝突点を変えることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項6】 前記変更手段が、さらに前記対称軸に対して垂直な方向に配置された少なくとも一つの磁極片と、前記少なくとも一つの磁極片に磁界を印加する手段を備え、これにより、前記磁界が前記電子ビームを通ることを特徴とする請求項5記載のX線管。

【請求項7】 前記変更手段が前記アノードの中に配置されていることを特徴とする請求項5記載のX線管。

【請求項8】 前記少なくとも一つの磁極片が一对の交差した極片からなり

、前記一对の交差した極片が前記アノードに配置されていることを特徴とする請求項6記載のX線管。

【請求項9】 前記電子放射表面がフィラメントワイヤからなり、前記フィラメントワイヤが前記カソードの中でほぼ対称的な空間を占めるように配置されていることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項10】 前記フィラメントワイヤから熱イオン放射が起こるように、前記フィラメントワイヤに印加される電圧電位を備えることを特徴とする請求項9記載のX線管。

【請求項11】 前記カソードが、前記電子放射表面の後ろのオープン領域の中に配置されたフィラメントワイヤヒータをさらに備え、前記フィラメントワイヤヒータは前記電子放射表面からの熱イオン放射を引き起こすために使われることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項12】 前記フィラメントワイヤヒータが熱を放射するように、前記フィラメントワイヤヒータに印加された電圧電位をさらに備えることを特徴とする請求項11記載のX線管。

【請求項13】 前記フィラメントワイヤヒータと前記電子放射表面の間に印加される電圧電位をさらに備え、それにより、前記フィラメントワイヤヒータが前記電子放射表面に電子を注入し、前記電子放射表面からの熱イオン放射を引き起こすことを特徴とする請求項11記載のX線管。

【請求項14】 前記電子放射表面から熱イオン放射を引き起こすように、前記電子放射表面を励起する手段をさらに備えることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項15】 前記カソードがさらに内部エネルギー源を有する閉じたオープンと、前記内部エネルギー源からのエネルギーを受け取るのに適した放射表面を備えることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項16】 前記放射表面がカップ形状であることを特徴とする請求項15記載のX線管。

【請求項17】 前記カソードが温度制限動作をするようにされていることを特徴とする請求項1記載のX線管。

【請求項18】 電子放射表面を有し、前記電子放射表面から熱イオン放射を引き起こしそれにより電子ビームを提供するように、前記電子放射表面を励起する手段に結合されているカソードと；

前記カソードから離間され、前記電子ビームに対して斜角で配置されたターゲット表面を有し、前記ターゲット表面はその上に前記電子ビームの衝突に应答してX線を作り、前記X線は前記X線管の外側に向けられそしてX線結像スポットを提供する、アノードと；

前記電子ビームの直径を変えることにより前記X線管のスポットサイズとX線強度を調節する手段であって、前記カソードと前記アノードの間に配置されている調節手段とを備えることを特徴とするX線管。

【請求項19】 X線管の真空シールを提供し、前記X線がほぼ通過できる、X線透明ウィンドウをさらに備えることを特徴とする請求項18記載のX線管。

【請求項20】 前記斜角が衝突電子ビームの対称軸に対して約157.5°の角度を備えることを特徴とする請求項18記載のX線管。

【請求項21】 前記ターゲット表面がタングステン材料からなることを特徴とする請求項18記載のX線管。

【請求項22】 さらに前記電子ビームを対称軸に対して変位させるために前記電子ビームの位置を変える手段を備え、これにより、前記ターゲット表面上の前記電子ビームの衝突点を変えることを特徴とする請求項18記載のX線管。

【請求項23】 前記カソードが温度制限動作を提供するのに適していることを特徴とする請求項18記載のX線管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## ( 発 明 の 背 景 )

## 1. 発明の分野

本発明は、X線管に関し、より詳細には、所与の範囲に亘って連続的に調節可能な結像スポットサイズを生成する高パワーX線管に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 2. 関連技術の記述

従来技術において、X線源を使用して医療及び技術的診断用途のためにプレーナ画像を生成することは周知となっている。技術的診断結像の分野において、X線は、中実の結像オブジェクトの内部構造を浸透する点において特に有効であり、かつそれらを通じたX線によって形成される画像は、そのオブジェクトの内部欠陥や構造的欠点を現す。このように、技術的診断X線結像は、製造中及び製品の有効寿命に亘って製品の構造的態様を評価するための高品質制御検査ツールを提供する。この形態の診断解析は、他のタイプの評価方法に比べて有利である。理由は、この結像オブジェクトは、評価の処理において破壊される必要が無いからである。このため、技術的診断結像は、非破壊検査として公知となっている。

## 【 0 0 0 3 】

一般に、技術的結像用途のためのX線管は、アノードに向けて加速される電子ビームを放出するように励起されるカソードを有する電子ガンを備える。このアノードは、タングステンのような金属ターゲット表面で構成されることができ、この表面からX線が加速された電子の衝突に起因して発生される。アノード表面を電子ビームの軸に対してある角度で配置することによって、X線は、電子ビームに対して略垂直な方向へ送信されることができ、次に、X線は、X線管内に真空シールを提供するために使用されるベリリウムウインドウを通過できる。その後、X線はX線管を略コーン状パスに沿って出る。このコーンの頂点が、結像電子ビームによって形成されたターゲットのスポットと略一致する。

## 【 0 0 0 4 】

X線管によって提供される倍率は、部分的にスポットサイズに依存し、これは、時々結像スポットサイズと呼ばれる。一般に、より小さなスポットサイズによって、望ましい画像の鮮鋭度を維持しながら、より大きな倍率が可能となるが、結像されたオブジェクトのより小さな部分をカバーする。これは、例えば、写真フィルムや他のX線画像記録手段に位置に関して、X線源、即ち、X線結像スポットにより近接して結像されたオブジェクトを配することによって達成される。反対に、より大きなスポットサイズによって結像されたオブジェクトのより大きな部分を結像し得るが、一般に、それはより低い倍率レベルにおいてである。この場合、より小さなスポットサイズとは反対に、電子ビーム衝突の領域は、ターゲット上でより大きく、従って、電圧が高くなれば、電流がより大きくなり、或いはより大きな電圧と電流の電子ビームは、ターゲットへの過剰な熱的ストレス無しで利用され得る。従来のX線管は、一般的に単一のスポットサイズ或いはある場合には二つの離散的スポットサイズに制限される。二つの異なるスポットサイズを提供するために、X線管は、異なる直径の電子ビームを提供するために交互に励起される二つの離散的カソードフィラメントを有する。X線管の操作者は、結像されるオブジェクトの望ましい倍率レベルとサイズによってカソードフィラメントの一方を選択する。このようなシステムの欠点は、X線管のスポットサイズが特定の結像動作にとって最適にされることができないことである。

【0005】

従来のX線管では、有効スポットサイズを減少する他のアプローチは、ビーム軸に対して90°で配向されるX線出力コーンを維持しながら、ビーム軸に対して45°よりも平らな角度でアノード表面を位置決めすることである。このアプローチの利点は、平らなアノード角度は、アノード上のパワー密度を低下し、それが過剰な場合は、タングステンターゲット材料の望ましくない熔融及び気化を引き起こす。更に、平らなアノード角度を幾何学的に補償するために、電子ガンは、X線スポットが円形断面を有するように楕円形の電子ビームを提供するように構成される。この電子ガンの軸対称の欠落は、X線管の製造でのコストと複雑さを増す。更に、電子ビームスポットは、めったに楕円形ではなく、かつ得られたX線結像スポットは、通常形状が歪んでおり、密度が不規則であり、更にX線

画像に品質低下を導く非円形である。

【 0 0 0 6 】

このように、結像動作でより大きな柔軟性を可能とするために所与の範囲に亘って連続的に調節可能であるスポットサイズを有するX線管を提供することが望ましい。また、製造を容易にしかつX線スポットの対称性と密度を改良するために軸方向に対称的な幾何学形状で構成されたX線管を提供することが望ましい。さらに望ましい利点は、スポットサイズとX線密度が、オブジェクトを再位置決めすること無しに変えられることである。最後に、改良されたX線画像品質を得るためにより均一密度円形X線結像スポットを有するX線管を提供することが望ましい。

【 0 0 0 7 】

( 発 明 の 概 要 )

本発明の教示によると、X線管が所与の範囲において連続的に調節可能なスポットサイズを提供する。連続的に調節可能なスポットサイズは、操作者が、特定の結像オブジェクトに結像するために最適のスポットサイズと密度を選択することを可能にする。さらに、そのX線管は軸方向に対称的な幾何学的形状を有し、これは単純な機械的製作を可能にし、そして改善された品質のX線像のための実質的にさらに均質な密度の円形X線結像スポットをもたらす。

【 0 0 0 8 】

さらに詳しく述べると、そのX線管は、電子放出表面を有するカソードを有し、そのカソードは電子放出表面の対称軸に沿って動く電子ビームを提供する。アノードはカソードから離間され、対称軸に関して157.5°の角度に配置されたターゲット表面を有する。ターゲット表面はその上に電子ビームが衝突するとそれに応答してX線を提供する。X線は、そのX線ターゲット上のX線結像スポットからX線管の外側に向けられる。カソードとアノードの間に開口グリッドが設けられ、中心開口を通して電子ビームが通過するようになっている。その開口グリッドはさらに、そのカソードに対して印加される可変電圧を有し、それは電子ビームの直径を制御するために使われる。さらに詳しく述べると、電子ビームの直径は可変電圧に応じて変わり、そして電子ビームの直径の選択的变化によっ

て、X線結像スポットのサイズの対応する変化がもたらされる。

【 0 0 0 9 】

本発明の一つの実施の形態では、そのX線管は、対称軸に対する電子ビームの位置を変えるようにされており、それによって、ターゲット表面の上の電子ビームの衝突点を変えるようになっている。少なくとも一つの磁極片がアノードの中に対称軸に垂直の方向に配置されている。磁界が電子ビームを通るように、極片に磁界が印加される。このようにして、ターゲット表面の上の離れたスポット上に、電子ビームが衝突するようになっており、ターゲット表面の上の熱ストレスの有害な効果を分散している。

【 0 0 1 0 】

この好ましい実施の形態についての以下の詳細な説明を考慮すると、当業者は、この可変スポットX線管のもっと完全な理解を得ることができ、また付加的な本発明の利点と目的を実感するであろう。添付の図面を参照する。それについて最初に簡単に説明する。

【 0 0 1 1 】

( 好ましい実施形態の詳細な説明 )

本発明は、結像動作でより大きな柔軟性を可能とするために所与の範囲に亘って連続的に調節可能であるスポットサイズを有するX線管の必要性を満足する。以下の詳細な説明において、同様な構成要素の参照番号は、上記図面の一つ或いはそれより多く図面において図示された同様な構成要素を記述するために使用される。

【 0 0 1 2 】

始めに、図1を参照して、X線管で使用される電子ガンの第1の実施形態が示される。この電子ガンは、電子エミッタ12を有するカソードアセンブリを含む。エミッタ12は、トリウムタングステン又は他の同様な電子放出材料から形成された螺旋状にコイルされたフィラメントワイヤで構成されることが可能であり、またそれが略円形或いは対称的空間を占めるように配置される。フィラメントワイヤは、共通に「パンケーキ」と呼ばれるタイプの略平らな断面を備えてもよい。環状形状のエッジ電極16は、エミッタ12の周りでありかつそれから離間



して同心的に配置され、かつ環状フォーカス電極 22 は、エッジ電極の周りであつそれから離間して同心的に配置される。

【 0 0 1 3 】

開口グリッド 18 は、エッジ電極 16 とフォーカス電極 22 との間に同心的に配置される。まは、開口グリッド 18 は、環状の形状であり、かつエミッタ 12 が露出される中央開口を有する。図 1 に示されるように、開口グリッド 18 は、エミッタ 12 に平行な面にある平らな表面を有する。エミッタ 12、エッジ電極 16 及びフォーカス電極 22 は、共に同じ負電位に連結され、そして開口グリッド 18 は、これらのカソード要素に関して可変正又は負電圧源に連結される。更に、エミッタ 12、エッジ電極 16、開口グリッド 18 及びフォーカス電極 22 は、それらの各々が共通軸 15 の回りに対称的に配置される。

【 0 0 1 4 】

アノードアセンブリは、カソードアセンブリから離間される。アノードアセンブリは、環状部分 32 とターゲット部分 36 とを含む。環状部分 32 は、軸 15 に沿って延出する開口 34 を含む。ターゲット部分 36 は、軸 15 に対して鈍角に配置されると共に軸に対して対称的ではないターゲット表面 38 を備える。ターゲット表面 38 は、タングステンのような X 線放出物質よりなる。コーン形状の開口は、環状部分 32 とターゲット部分 36 との間に設けられ、以下でより詳細に記述されるように、装置内で発生された X 線のための出力通路を提供する。ウインドウ 42 は、装置内に真空シールを維持するためにコーン形状の開口を横切る。ウインドウ 42 は、ベリリウムや X 線の通過を可能とするように選択された同様の材料より構成され得る。

【 0 0 1 5 】

動作上、電流は、電子の熱電子放出が発生するのに十分なレベルまで温度を上昇するエミッタ 12 に印加される。-160 キロボルトのような、高い負の電圧がアノードアセンブリに関してカソードアセンブリに印加され、それによって電子ビームがエミッタ 12 からアノードアセンブリへ引っ張られる。逆に、カソードアセンブリは、接地されてもよく、かつ高い正の電圧、例えば、+160 キロボルトがアノードアセンブリに印加されることが出来る。従来技術で公知である

ように、電子ビームの電流は、エミッタ12が限られた温度領域で動作する場合、エミッタ12の温度に依存する。エッジ電極16とフォーカス電極22の形状は、カソードアセンブリとアノードアセンブリとの間の電極間空間内に等電位ラインを画定して、電子ビームが一般的にターゲット表面38にフォーカスされると共に向けられる。

【 0 0 1 6 】

電子ビームの外側エンベロープ17が図1に示される。電子ビームは、アノード32の環状部分の開口34を通過し、X線33を生成するためにターゲット表面38に衝突する。X線33は、環状部分32とアノードアセンブリのターゲット部分36との間に設けられた開口を介して略コーン状パスに伝送される。X線33は、ウインドウ42を通過して装置を越えた所定の距離に結像スポットを形成する。開口グリッド18に提供される電圧は、電子ビームがエミッタ12を離れるに従って、電子ビームを発散或いは収縮させる。開口グリッド18を通過した後、電子ビームは略発散するパスへ拡散し、そして開口グリッド18とアノードアセンブリとの間の静電界の形状によってコーンに実質的にフォーカスされる。

【 0 0 1 7 】

特定の例として、図2は、X線管可変結像制御のコンピュータシミュレーション近似から導出されるチャートを示す。このチャートは、ミリメートル（y軸）対開口グリッド電圧（x軸）におけるビーム半径のプロットを示し、ここでビーム半径は、電子ビームの63.2パーセントを囲む半径として定義される。+160キロボルトがアノードアセンブルへ印加されたと仮定して、グラフは、開口グリッド電圧が0ボルトのカソードアセンブリに関して約+990に設定されると、ターゲット上のスポットサイズの最小化が起こることを示す。従って、ターゲット表面38上に衝突する点での電子ビームの直径は、開口グリッド18に印加される電圧を変化することによって変更され得る。例えば、ビームのサイズは、+910ボルトの電圧を開口グリッドに、或いは+1045ボルトを印加することによって効果的に2倍にされることができる。

【 0 0 1 8 】

更に、カソードアセンブリに関して略負電圧の開ログリッド18への印加によって全てのビーム電流をオフにスイッチすることができる。電子ビームのフォーカシングを変更することによって、発生されたX線のスポットサイズもまた変化する。このように、ターゲット表面38を打つ電子ビームの直径が増加すると、X線装置によって提供される結像スポットサイズが増加し、かつ電子ビームの直径が減少すると、それは減少する。電子ビームの形状とX線スポットサイズとの間の関係は、更に以下の本発明装置と従来技術の装置との幾何学形状の議論において記述される。

【 0 0 1 9 】

次に、図3と4を参照して、X線管の電子ガンの他の実施形態が示される。これらの実施形態は、アノードのターゲット表面に過度のストレスを付与することの問題を解決することに向けられる。上述のように、従来のX線管の欠点は、アノードを打つ電子ビームのパワー密度は、タングステン材料の望ましくない溶融や気化を引き起こす。ターゲット表面の過度のストレスを避ける方法は、電子ビームの衝突点を異なる位置に移動することである。これは、X線結像スポットのパワー密度が低下されないように、電子ビームの形状を歪ませることなく達成されることが必要である。

【 0 0 2 0 】

より詳細には、図3は、アノードアセンブリの環状部分32を横断面で示す。第1と第2のセクション51と52を有する極片は、アノードアセンブリの環状部分32内に半径方向に延出する。極片セクション51と52は、全体としては開口34へは延出しないが、X線管の真空エンベロープが極片セクションの導入によって影響されないことを確保するために開口に達する前に終端する。更に、極片セクション51と52は、誘導コイル50が接続された磁気リターンストラップ56へ連結される。電流の誘導コイル50への印加によって開口34を二分しかつ電子ガンの中心軸15に垂直に延出する磁界Bを生成する。誘導コイル50へ印加される電流のレベルを変化させることによって磁界Bの大きさが変化され得る。磁界Bは、それが開口34を通過するように突出されると電子ビームを偏向して、電子ビームをターゲット表面38の他の位置に衝突させる。このよう

に、電子ビームは、あらゆる点への熱ストレスを減少するためにターゲット表面 38 のより大きな領域を横切るように電子ビームのエネルギーを拡散するために定期的に再位置決めが行なわれ得る。電子ビームの偏向は、X線管の操作者によって手動的に制御されてもよいし、或いは、ターゲット表面 38 の過加熱を検出して自動的に制御されてもよい。

#### 【 0 0 2 1 】

同様に、図 4 は、他の実施形態を示し、ここではセクション 51、52 と 53、54 を有する一对の交差する極片が利用される。極片セクションは、互いに垂直に配置されると共に、各々は、中心軸 15 を貫通するように二つの軸に延出する磁界  $B_1$  と  $B_2$  を提供するように各誘導コイル（図示せず）を有する。このように、交差する磁界  $B_1$  と  $B_2$  は、この二つの軸方向への電子ビームの偏向へのより大きな範囲の制御を可能とすることに留意すべきである。

#### 【 0 0 2 2 】

図 5 では、カソードアセンブリの他の実施形態が図示されている。この他の実施形態では、カソードアセンブリは、支持スリーブ 29 と熱的にシールされたエンドキャップ 24 によって画定されるオープン領域内に配置される螺旋状に巻かれたフィラメントワイヤ 26 を備える。このエンドキャップ 29 の中心部は、トリウムタングステン又は他の同様な電子放出材料で作られた放出表面 14 を提供する。この放出表面 14 は、開口グリッド 18 内に同心的にかつそれから離間して配置された円形形状を有する。また、熱シールド 28 は、オープン領域内に熱を含みかつオープン領域の外側への熱伝達を防止するようにカソードアセンブリ内に設けられることができる。

#### 【 0 0 2 3 】

カソードアセンブリを動作するために、電圧電位  $V_H$  がフィラメントワイヤ 26 に印加される。前述の実施形態の場合と同様に、フィラメントワイヤ 26 を流れる電流は、このワイヤの温度を上昇させる。フィラメントによって発生される熱は、オープン領域内（例えば、図 5 の破線で図示されたパターン内）で外側に向かってエンドキャップ 24 へ、かつ特に放出表面 14 へ放射される。放出表面 14 上への熱放射は、そこからの電子の熱電子放出を生じさせ、電子のビームは

、カソードアセンブリとアノードアセンブリとの間に高い負の電圧電位を印加することによって放出表面 14 から引出される。更に、電位差がフィラメントワイヤ 26 と放射表面 14 との間に印加されてもよい。この場合、フィラメントワイヤ 26 からの電子は、エンドキャップ 24 の後部に衝突してそれを熱電子放出が生じるのに十分な温度まで加熱する。この汎用の実施形態は、放出表面 14 がフィラメントワイヤからの直接放出によって生成されるビームよりも不変的で均一な電流密度を有する電子ビームを提供できるので、有利である。

#### 【 0 0 2 4 】

本発明の他の態様では、ターゲット角度が軸対称幾何学形状を有する連続可変スポットサイズを一層可能とするように選択される。図 6 は、X線出力コーンの中心軸 35' とターゲット表面 36' (ターゲット表面 36' は、X線管の中心軸 15' に関して 112.5° に配置される) との間に従来の 22.5° ターゲット角度を使用する従来技術のX線管を概略的に示す。従来技術のX線管は、ターゲット上に二つの非類似サイズスポットを提供する。これを達成するために、管は、 $F_1$  と  $F_2$  として示される、二つのカソードフィラメントを含み、それらは、中心軸 15' に関して電子エミッタの分離した非対称領域を占める。これらのフィラメントは、一般的にヘリカル形状に巻かれたワイヤであり、 $F_1$  は、一般に、 $F_2$  よりも長い長さ大きなヘリカルピッチを有する。フィラメント  $F_1$  と  $F_2$  との間の一般的な非類似性及びそれらの非対称配置に鑑み、夫々の電子ビームは、ターゲット表面 36' 上の異なる位置に衝突し得るし、一般的には衝突する。上述のように、二つのフィラメント  $F_1$  と  $F_2$  は、フィラメント  $F_1$  で生成されるビームがフィラメント  $F_2$  で生成されるビームよりも大きいように、異なる直径のビームを生成するのに適している。

#### 【 0 0 2 5 】

ターゲット表面 36' に衝突すると、衝突するビームは、X線出力コーンを生成し、このコーンは、ウインドウ 42' を通過してターゲット表面からの焦点距離  $f'$  に配置された対象となるオブジェクト 60 を照射する。何れのビームでも、ターゲットでの略円形断面領域X線スポットは、照射されたオブジェクトから見て、X線管に対する結像スポットサイズを構成する。一般的に、より大きなフ

フィラメント  $F_1$  からのビームは、ターゲット上により高い電流のより大きなスポットサイズを生成するが、より短いフィラメント  $F_2$  は、ターゲット上により低い電流のより小さなスポットサイズを生成する。フィルム或いは X 線画像記録手段 37' を画像スポットから距離  $g'$  に配置することによって、拡大された X 線画像を得る。従来技術の X 線管では、焦点距離  $f'$  は、十分な強度を可能とするように 6 インチ或いはその前後である。X 線出力コーンの中心軸 35' は、X 線管の中心軸 15' に対して  $90^\circ$  の角度を形成する。このように、X 線管は、X 線管の軸から略垂直な方向へ結像スポットを放出する。このタイプの管の一般的コーン角度は、図 6 に示されるように、一般的に  $40^\circ$  である。

#### 【 0 0 2 6 】

図 7 は、本発明の一つの実施の形態に係るターゲット角度を図示する。従来技術の X 線管と違って、ターゲット表面 36 は、X 線管の中心軸 15 に関して  $157.5^\circ$  に配置されている。より大きいターゲット角度によって、X 線出力コーンの中心軸 35 は X 線管の中心軸 15 に対して  $135^\circ$  の角度を形成する。電子ビームが中心軸 15 の周りで軸対称であるので、X 線出力コーン是对称的な密度を有し、ターゲット表面から焦点距離  $f$  だけ離れた結像オブジェクト 60 を照射する。本発明の X 線管においては、従来技術に比べてより高い倍率を得ることができる。その理由は、例えば、1.2 インチに近さで、オブジェクトを結像焦点スポットの近くに置くことができるからである。（電子ビームが衝突する）本発明の拡大されたターゲット領域は、ターゲット表面 36 の単位面積当たりの加熱を少なくさせることを評価しなければならない。さらに、オブジェクトを結像スポットに近づけることによって、所定の倍率および画像の明るさのために必要とされる密度が少なくなる。

#### 【 0 0 2 7 】

図 8 は、従来技術の X 線管のターゲットの上への入射電子ビームと見かけの X 線画像スポットの間の幾何的關係を図示する。フィラメントカソード  $d_1'$  の方向に長さを有する電子ビーム  $e$  が、出射する X 線ビームの軸に関して角度  $\alpha\alpha'$  で配置されているターゲット表面 36' の上に投射される。その X 線ビームは見かけのスポット長  $d_2'$  を持ち、それは  $d_1' \tan \alpha\alpha'$  に等価であり、ま

たターゲット表面36の衝突領域 $d_2'$ の幅は $d_2' / \sin \alpha \alpha'$ に等価である。従って、X線ビームの見かけのスポットサイズは、アノードターゲット角度が $45^\circ$ 以下ならば、入射電子ビームより小さい。従来技術において使用される $\alpha \alpha' = 22.5^\circ$ のターゲット角度の場合、反射ビームは、入射ビームの長さより41%小さいであろう。ヘリカルフィラメントワイヤF1とF2に平行な方向では、ターゲット表面の上の電子ビーム衝突のサイズ以上に、X線ビームスポットサイズの見かけのサイズが減少することはない。その理由は、ターゲット表面はこの方向では傾いていないからである。見かけのX線ビームサイズ $d_2'$ の所与のスポット長さのために、ある角度だけターゲットを傾斜することは、所与のX線ビームスポットサイズのためにターゲット表面への電子ビームのパワー密度を減少させる手段であることが理解できる。 $\alpha \alpha' = 22.5^\circ$ の場合、ビームが打つターゲット表面の長さは、見かけのX線スポットサイズの長さの2.6倍長い。

#### 【0028】

反対に、図9は本発明のX線管のアノードターゲット角度とX線出力コーンの幾何学的関係を示す。上に述べたように、本発明のX線管はX線コーン軸に対して $22.5^\circ$ のアノードターゲット角度と、入射電子ビームの軸の角度に対して $13.5^\circ$ のX線ビーム角度を有する。従って、電子ビームがその上に衝突するターゲット表面の広がり $d_1$ は $d_2 / \sin \alpha \alpha$ である。電子ビーム入射の角度は出射するX線ビームの角度と等しいので、 $d_2$ は $d_1$ に等しいことになる。このようにして、本発明のX線管において、 $\alpha \alpha = 22.5^\circ$ の場合には、ビームが打つターゲットの長さは、従来技術のX線管におけるのと同様に、見かけのX線ビームスポットサイズの2.6倍に長くなる。

#### 【0029】

図10と図11を参照すると、本発明の教示によって構成されたX線管の実施形態が図示されている。図10は、X線管のカソードアセンブリの拡大図である。図5の実施例と同じように、カソードアセンブリは、支持リング113の両側で結合されたシェル半体108、104によって画定されたオープン領域の中に配置された螺旋状にコイルされたフィラメントワイヤ112を備えている。前面

に面している一方のシェル半体 1 1 4 は円形の放射表面を備え、その放射表面はトリウム処理されたタングステンあるいは他の電子放出性材料の組からなる。その放射表面の周りに同心的にそしてそれから離間されて、環状形状を有するエッジ電極 1 1 6 が配置されており、環状焦点電極 1 4 2 がエッジ電極の周りに同心的にそしてそれから離間されて配置されている。その焦点電極 1 4 2 は、凸形のドーム形状の外側表面 1 4 4 と、放射表面の中心軸に対して同心的に延在している一定直径の穴 1 4 6 を有する。ハウジング 1 2 2 がカソードアセンブリの外側部分をほぼ取り囲んでいる。

【 0 0 3 0 】

開口グリッド 1 1 8 が、エッジ電極 1 1 6 と焦点電極 1 4 2 の間に同心的に配置されている。その開口グリッド 1 1 8 もまた環状形状を有し、そして中心開口を有し、その中心開口を通して放射表面 1 1 4 が露出している。その放射表面 1 1 4 と、エッジ電極 1 1 6 と、焦点電極 1 4 2 は共通に、同じ負の電位に結合されている。そしてその開口グリッド 1 1 8 は、正、負、またはこれらの他のカソード要素と同じ電圧に結合されている。図 1 の実施形態と同様に、開口グリッド 1 1 8 の電圧は、放射表面 1 1 4 の上に作られる電子ビームの直径を変えるように、カソードアセンブリのフォーカシング特性を変える。電気リード 1 3 2 がフィラメントワイヤ 1 1 2 の一つの端子に結合されており、フィラメントワイヤの他の端子はカソードアセンブリの導電性支持板 1 2 4 に結合されている。円筒形絶縁体 1 3 6 が残りのカソードアセンブリを、電気リード 1 3 2 がフィラメントワイヤ 1 1 2 と結合している所から電氣的に分離している。フィラメントワイヤ 1 1 2 に印加された電圧電位  $V_H$  により放射表面 1 1 4 が加熱され、これにより、その放射表面 1 1 4 から電子の熱イオン放射が可能となる。カソードアセンブリとアノードアセンブリの間に大きな負電圧を印加すると、ターゲット板において略円形の電子ビームが作られる。別の電気リード 1 3 4 が開口グリッド 1 1 8 に電圧を印加する。別の円筒形絶縁体 1 3 8 が、開口グリッド 1 1 8 につながっている電気リード 1 3 4 を、残りのカソードアセンブリから電氣的に分離している。絶縁リング 1 4 0 が、さらに、開口グリッド 1 1 8 と残りのカソードアセンブリの間を電氣的に分離している。円筒形の絶縁体 1 3 6、1 3 8 と絶縁リング



140は、例えばアルミナセラミックのように熱的には導体であり、電気的には絶縁体である材料である。

【 0 0 3 1 】

図11は、X線管全体の側面断面図である。(図10と関連して説明された)カソードアセンブリは、X線管の中に軸方向に配置された絶縁体ポスト152から延びている。外部ハウジング154がカソードアセンブリから半径方向外側に設けられており、X線管の遠位端と結合している。そしてそのX線管はX線管の近位端にアノードアセンブリを収容しており、X線管は(図示しない)他の構造部分に装置を取り付けることができる。アノードアセンブリはカソードアセンブリから離間されており、環状部分154とターゲット部分156を含んでいる。環状部分152は、カソードアセンブリの中心軸に沿って延びている開口154を含んでいる。ターゲット部分156は、中心軸に対して157.5°の角度で配置され、中心軸に対して対称的ではないターゲット表面158を備えている。ターゲット表面158はタングステンなどのX線放射材料から成る、コーン形状の開口164が前記環状部分152と、装置の中で発生されたX線の出口通路を提供するターゲット部分156の間に提供される。装置の中の真空シールを維持するために、前記コーン形状開口165にウィンドウ162が架設されている。そのウィンドウ162はベリリウムあるいはX線を透過させることができるものから選択された同様な材料からなる。

【 0 0 3 2 】

以上に述べたように、放射表面114から電子ビームをアノードアセンブリに引き出すように、カソードアセンブリにアノードアセンブリに関して高い負の電圧が印加される。電子ビームはアノード152の環状部分の開口154を通過し、そしてターゲット表面158に衝突してX線が発生する。そのX線はウィンドウ162を通過して略コーン状パスで伝播し、ターゲット上に結像スポットを形成する。開口グリッド118に与えられた電圧は、電子ビームが放射表面114を出る時、電子ビームが僅かに発散したり収束したりすることをもたらす。従って、開口グリッドの電圧を変えることによって、ターゲット表面158における衝突点でのビームの直径を変えるように、電子ビームの直径を制御できる。

電子ビームのフォーカシングを変えることにより、X線装置によって提供される結像スポットサイズは、ターゲット表面158を打つ電子ビームの直径が増加すると増加し、電子ビームの直径が減少すると減少する。

【 0 0 3 3 】

このように、可変結像スポットサイズを有するX線管の好ましい実施形態を説明してきたので、当業者にとってはこのシステム内での幾つかの利点は明らかであろう。本発明の精神および技術的範囲の範囲において、本発明の種々の変更、適切化、および別の実施形態をすることができることを理解するべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】

図 1 は、本発明のX線管用の電子ガンの側面断面図である。

【 図 2 】

図 2 は、開口グリッド電圧の関数としてのビーム半径に対するX線管可変結像スポットサイズ性能のコンピュータシミュレーション近似グラフである。

【 図 3 】

図 3 は、電子ビーム位置を変更するために、単一軸磁極片を有する電子ガンのアノードの実施形態の端面図である。

【 図 4 】

図 4 は、電子ビーム位置を変更するために、2軸磁極片を有する電子ガンのアノードの実施形態の端面図である。

【 図 5 】

図 5 は、電子ガンのカソードアセンブリの他の実施形態の側面断面図である。

【 図 6 】

図 6 は、従来技術の二重フィラメントカソードによって提供されるX線出力コーンの概略図である。

【 図 7 】

図 7 は、本発明の可変スポットカソードによって提供されるX線出力コーンの概略図である。

【 図 8 】

図8は、従来技術のX線管に対するX線出力コーンとアノードターゲット角度との幾何学的関係を示す。

【図9】

図9は、本発明のX線出力コーンとアノードターゲット角度との幾何学的関係を示す。

【図10】

図10は、本発明の電子ガンの実施形態の側面断面図である。

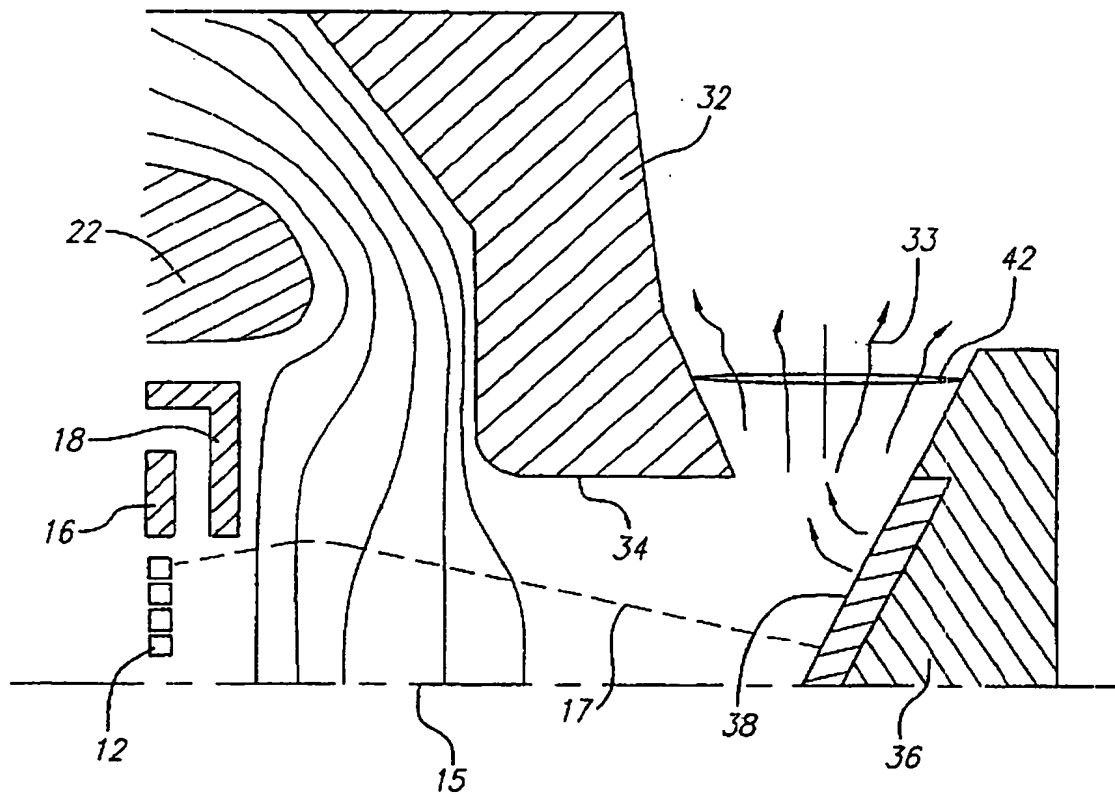
【図11】

図11は、本発明のX線管の実施形態の側面断面図である。

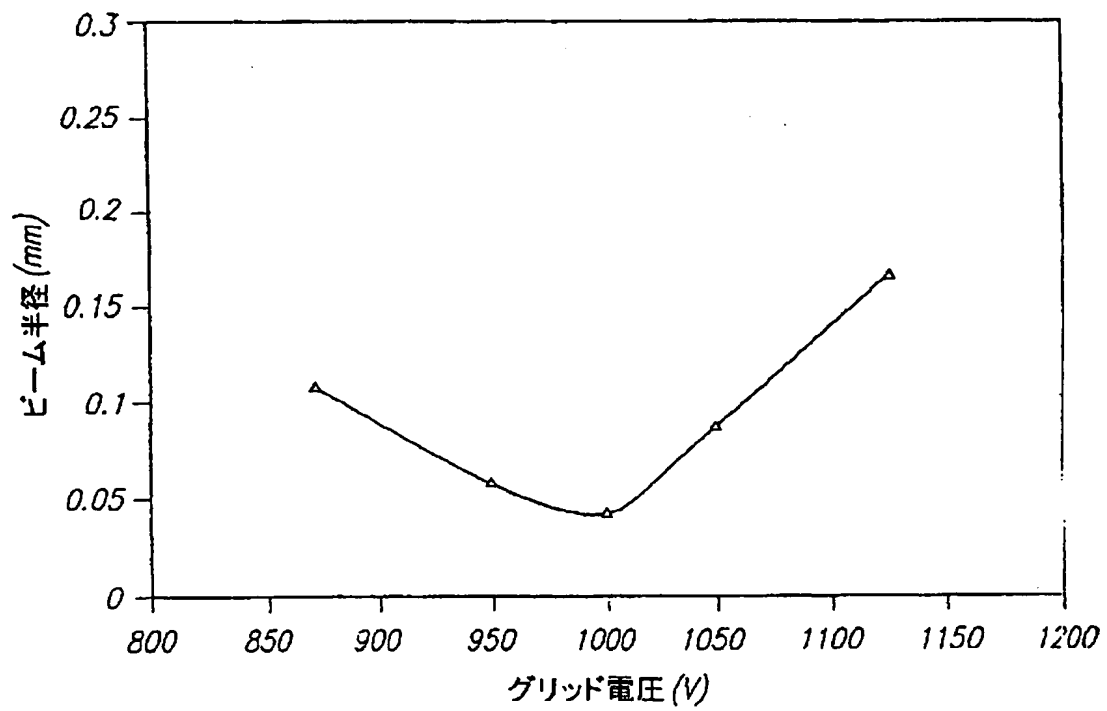
【符号の説明】

- 12 電子エミッタ
- 15 共通軸
- 16 エッジ電極
- 17 外側エンベロープ
- 18 開口グリッド
- 22 環状フォーカス電極
- 32 環状部分
- 33 X線
- 34 開口
- 36 ターゲット部分
- 38 ターゲット表面
- 42 ウィンドウ

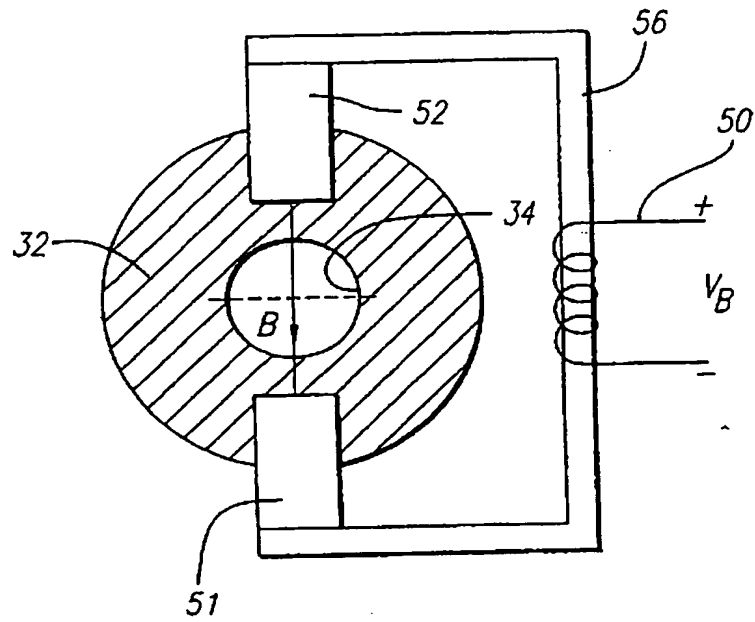
【 図 1 】



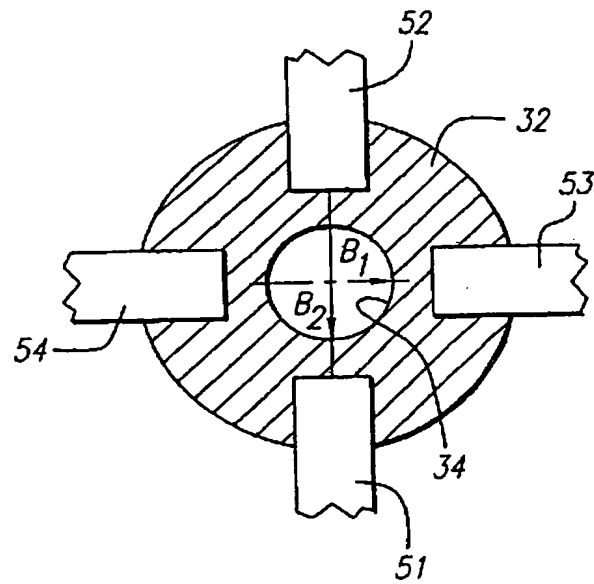
【 図 2 】



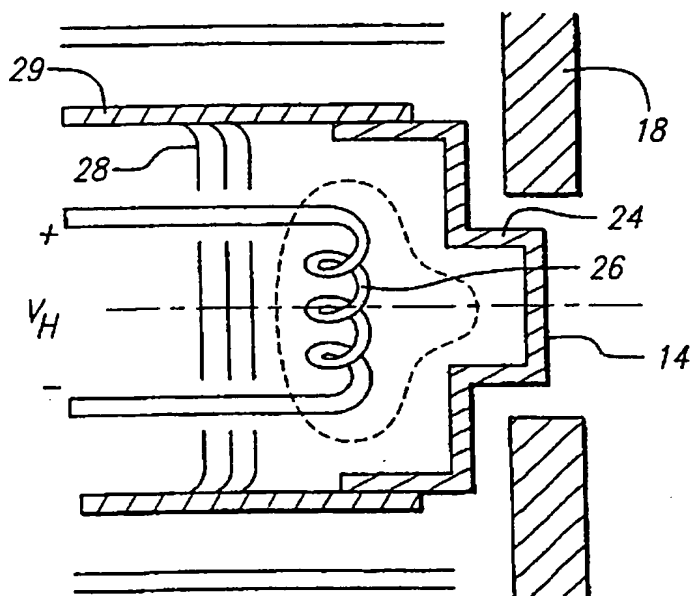
【 図 3 】



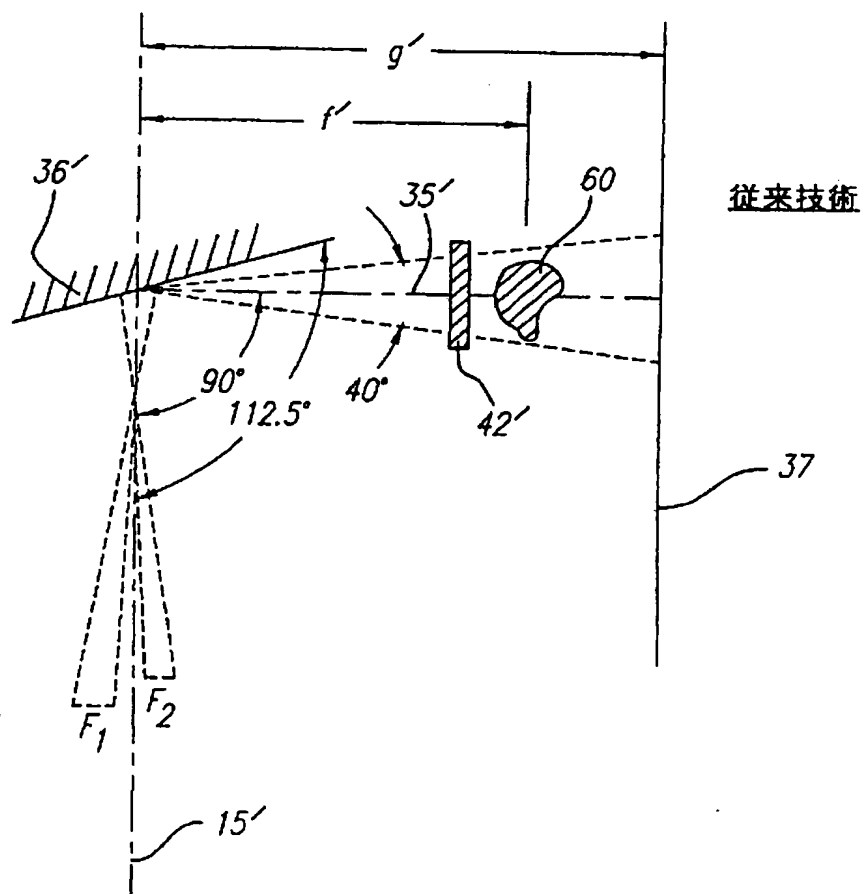
【 図 4 】



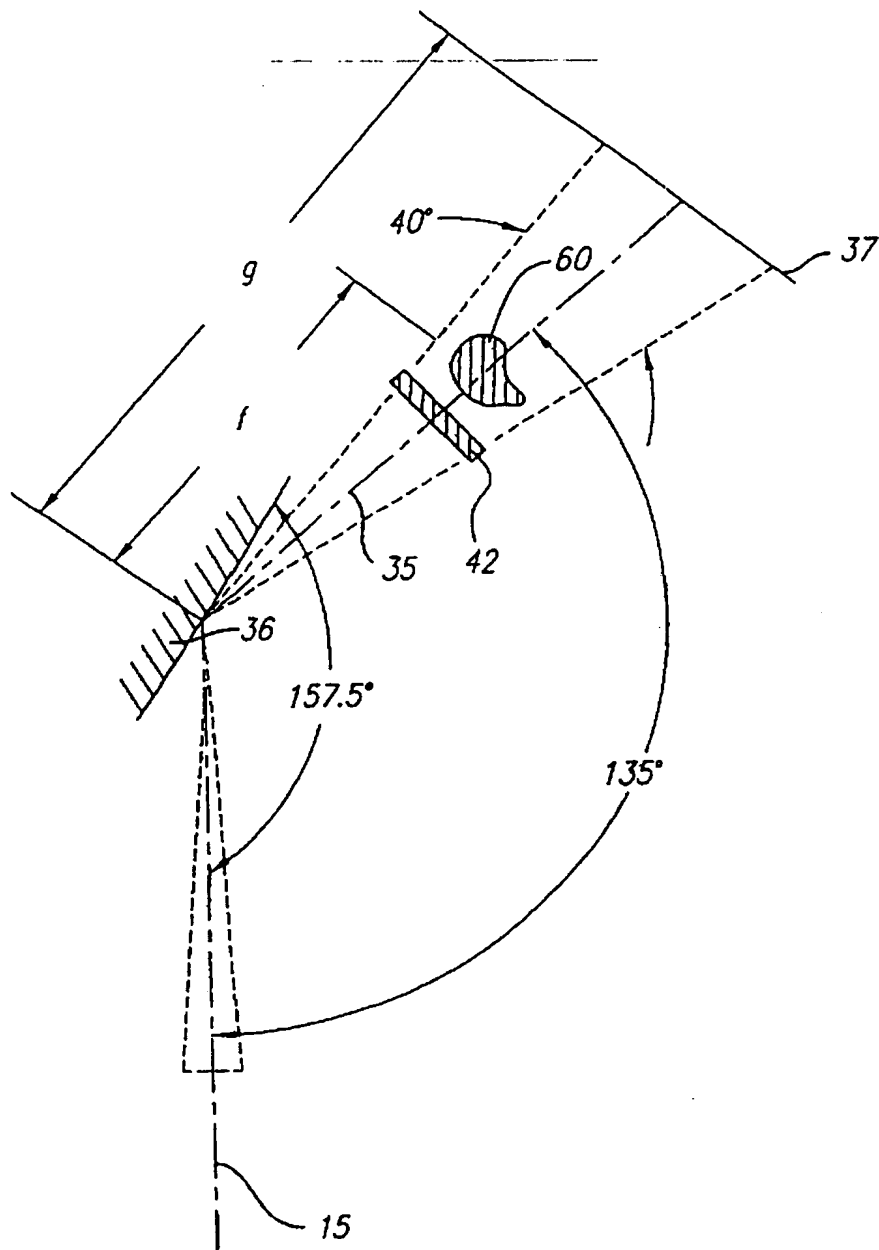
【 5 】



【 图 6 】

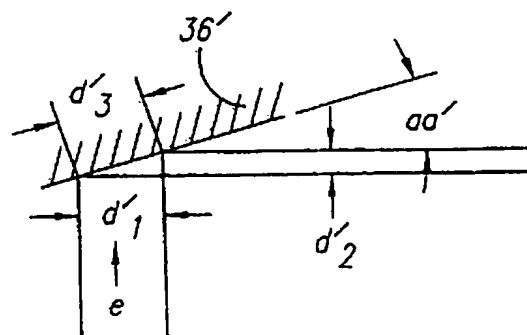


【 図 7 】

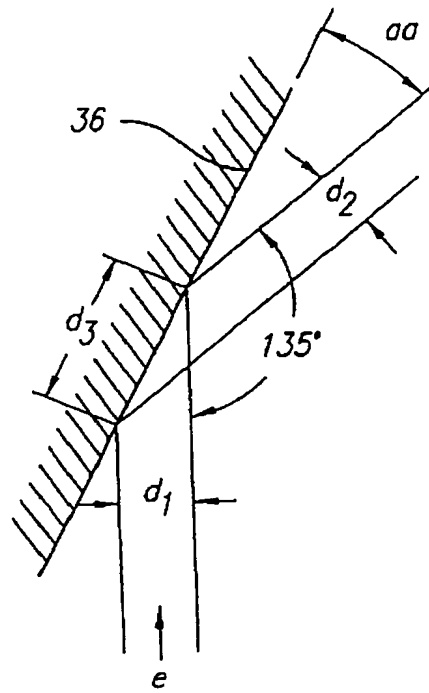


【 図 8 】

従来技術

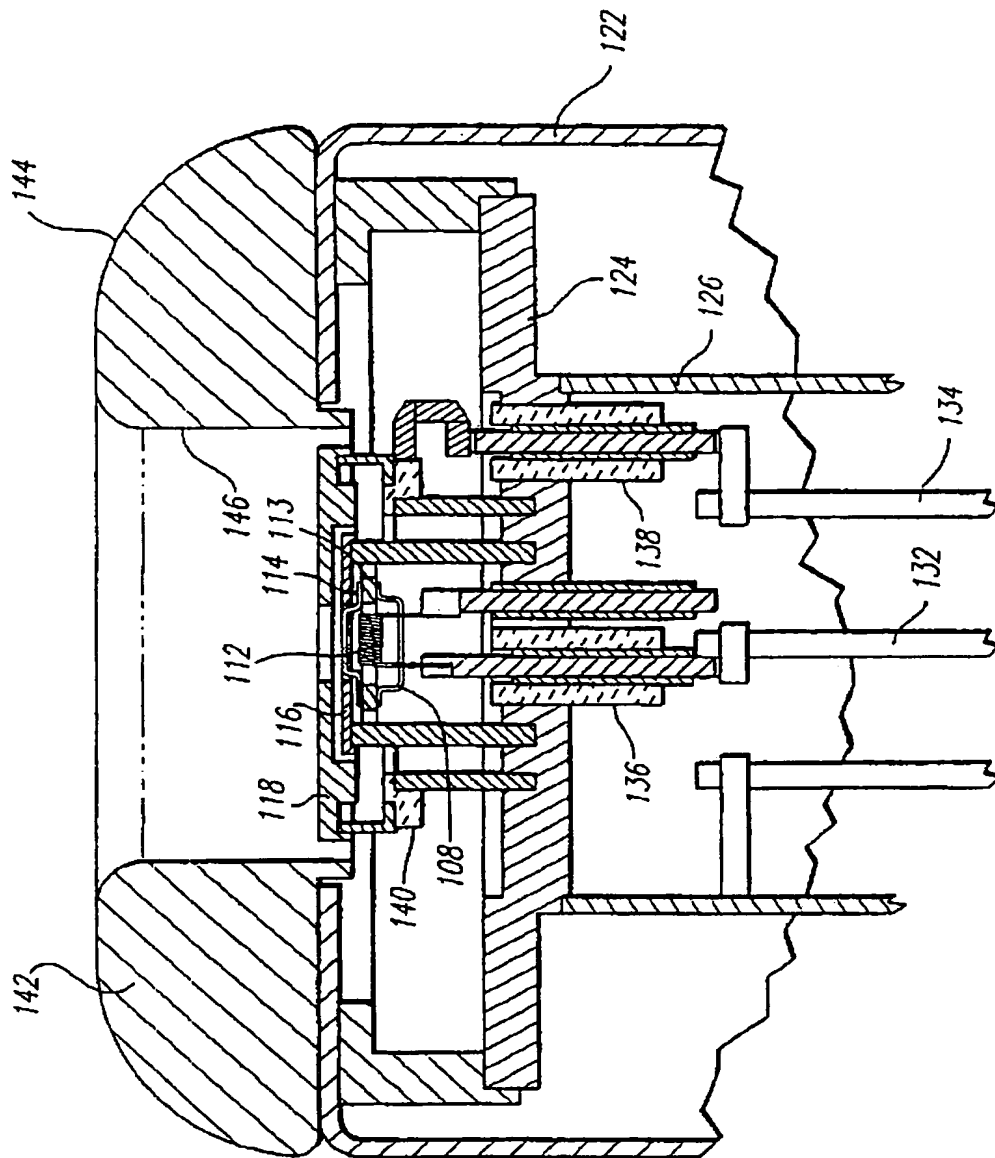


【 图 9 】

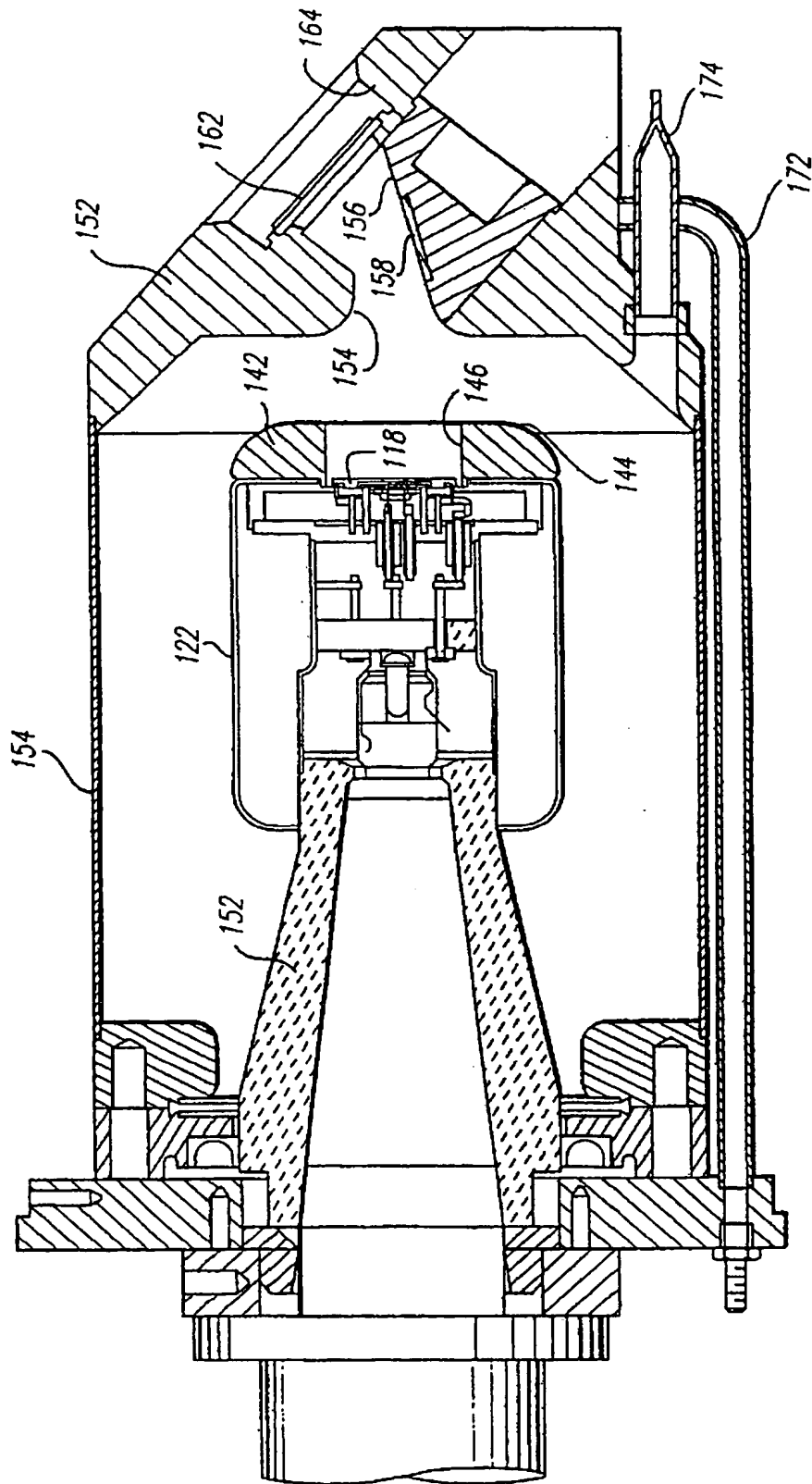




【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No.  
PCT/US 99/25239

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01J35/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 979 199 A (CUEMAN MICHAEL K ET AL) 18 December 1990 (1990-12-18) column 2, line 47 -column 3, line 6	1,4-6,9, 10,18,19
X	US 3 732 426 A (SHIMIZU T) 8 May 1973 (1973-05-08) claims 1,2	1,5,6,18
X	WO 97 42646 A (AMERICAN SCIENCE & ENG INC) 13 November 1997 (1997-11-13) claims 1-8	1,5,18
X	GB 1 444 109 A (JEOL LTD) 28 July 1976 (1976-07-28) claim 1	1,5,18
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*I\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2000

Date of mailing of the international search report

03/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 91 851 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3010

Authorized officer

Van den Bulcke, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.  
PCT/US 99/25239

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98 13853 A (ARNDT ULRICH WOLFGANG ;BEDE SCIENT INSTR LTD (GB); DUNCUMB PETER ( ) 2 April 1998 (1998-04-02) claims 1-16	1,4
A	EP 0 168 776 A (SCANRAY AS) 22 January 1986 (1986-01-22) claims 1-9	1
A	EP 0 150 364 A (SIEMENS AG) 7 August 1985 (1985-08-07) claims 1-3	1
A	EP 0 389 326 A (GEN ELECTRIC COR) 26 September 1990 (1990-09-26) claims 1-5	1
A	FR 2 333 344 A (RADIOLOGIE CIE GLE) 24 June 1977 (1977-06-24) claim 1	1
A	GB 247 568 A (A.LIEBERMANN) claim 1	1
A	US 2 011 540 A (J.F.LEE) 13 August 1935 (1935-08-13) page 6, line 22 - line 35; claim 1	1
A	US 2 683 223 A (R.HOSEMANN) 6 July 1954 (1954-07-06)	
A	GB 460 181 A (F.R.AJKAI)	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 99/25239

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4979199 A	18-12-1990	DE 4033051 A FR 2653933 A GB 2237716 A JP 3190043 A	02-05-1991 03-05-1991 08-05-1991 20-08-1991
US 3732426 A	08-05-1973	JP 54035078 B DE 2136460 A FR 2099373 A GB 1354177 A	31-10-1979 09-03-1972 10-03-1972 05-06-1974
WO 9742646 A	13-11-1997	AU 3009597 A EP 0900449 A	26-11-1997 10-03-1999
GB 1444109 A	28-07-1976	JP 49090086 A DE 2364142 A FR 2212739 A US 3852605 A	28-08-1974 04-07-1974 26-07-1974 03-12-1974
WO 9813853 A	02-04-1998	AU 4313197 A EP 0928496 A	17-04-1998 14-07-1999
EP 0168776 A	22-01-1986	DE 3426623 A DK 326585 A	30-01-1986 20-01-1986
EP 0150364 A	07-08-1985	DE 3401749 A US 4748650 A	01-08-1985 31-05-1988
EP 0389326 A	26-09-1990	FR 2644931 A JP 2295038 A US 5125019 A	28-09-1990 05-12-1990 23-06-1992
FR 2333344 A	24-06-1977	DE 2653547 A JP 52067994 A NL 7613134 A US 4075526 A	16-06-1977 06-06-1977 01-06-1977 21-02-1978
GB 247568 A		DE 494784 C FR 612286 A NL 18969 C	20-09-1926
US 2011540 A	13-08-1935	NONE	
US 2683223 A	06-07-1954	NONE	
GB 460181 A		NONE	

## フロントページの続き

- (72)発明者 テイラー、ジェームス・チャールズ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94065 レッドウッド・シティ、ブレイク  
ウォーター・ドライブ 529
- (72)発明者 フェラーリ、クリストファー・ポール  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94070 サン・カルロス、ボックス 825、  
ローレル・ストリート 751
- (72)発明者 アレン、カーチス・ゲイリー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94541 ハイワード、ミニー・ストリート  
2117
- (72)発明者 ベミス、トーマス・マイケル  
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州  
17754 モンツァーズビル、ハンプトン・  
ウェイ 9

## 【要約の続き】

ドの電位に等しい可変電圧が印加される。制御グリッド上の電圧は、ターゲットに衝突する電子ビームの直径を制御するために使用される。特に、電子ビームの直径は、可変開口グリッド電圧に対応して変化し、かつ電子ビームの直径の選択的变化によって、X線結像スポットのサイズが対応して変化する。